

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平4-125092

⑤ Int. Cl.⁹

H 02 P 6/02

識別記号

3 4 1 C
3 4 1 N
3 4 1 K

庁内整理番号

7154-5H
7154-5H
7154-5H

④ 公開 平成4年(1992)4月24日

審査請求 未請求 請求項の数 10 (全16頁)

⑭ 発明の名称 交流電動機の回転子磁極位置検出方法、回転子磁極位置検出装置および交流電動機制御装置

⑮ 特 願 平2-243109

⑯ 出 願 平2(1990)9月13日

⑰ 発 明 者 杉 浦 康 之 茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内

⑰ 発 明 者 鈴 木 勝 徳 茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内

⑰ 発 明 者 本 部 光 幸 茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内

⑰ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

⑰ 代 理 人 弁理士 鶴 沼 辰 之 外 3 名

最終頁に続く

明 細 書

1. 発明の名称

交流電動機の回転子磁極位置検出方法、回転子磁極位置検出装置および交流電動機制御装置

2. 特許請求の範囲

1. 交流電動機の回転子を拘束した状態で、交流電動機の固定子に印加する電圧ベクトルを調整して、回転磁束の位相を電気角の1回転以上にわたって順次変化させるとともに、この変化の過程における電動機電流を計測し、この電動機電流が最小値を示すときの前記電圧ベクトルに対応した位置を前記交流電動機の回転子の磁極位置として検出する交流電動機の回転子磁極位置検出方法。

2. 前記電動機電流は、前記電動機を駆動するインバータ部の直流電流または前記電動機に流入する交流電流であることを特徴とする請求項1に記載の交流電動機の回転子磁極位置検出方法。

3. 交流電動機の回転子を自由にした状態で、交流電動機の固定子に印加する電圧ベクトルを調

整して、回転磁束の位相を電気角の1回転以上にわたって順次変化させるとともに、この変化に合わせて目標位置指令を与え、各電圧ベクトルを印加したときの回転方向と目標位置に到達する時間とを検出し、この回転方向が正方向であってかつ目標位置に到達する時間が最小を示す電圧ベクトルに対応した位置を前記交流電動機の回転子の磁極位置として検出する交流電動機の回転子磁極位置検出方法。

4. 交流電動機の回転子を拘束する手段と、

前記交流電動機の固定子に印加する電圧ベクトルを切り替えて回転磁束の位相を電気角の1回転以上にわたって順次変化させる電圧ベクトル指令発生手段と、

前記交流電動機の電動機電流を検出する電流検出手段と、

この電動機電流の計測値を前記電圧ベクトルの変化に対応させて記憶する記憶手段と、

この記憶手段の内容に基づいて電動機電流の最小値に対応する前記電圧ベクトルを求め、こ

の求めた電圧ベクトルに対応した位置を前記交流電動機の回転子の磁極位置として検出する磁極位置判定手段とを含んでなる交流電動機の回転子磁極位置検出装置。

5. 交流電動機の回転子の磁極位置の検出値に基づいて、PWM制御手段により複数の電圧ベクトルの中から前記磁極位置の検出値に一致させた位相の回転磁束を発生させる電圧ベクトルまたはその組合せを選択し、この選択された電圧ベクトルにより駆動される交流電動機の回転子の磁極位置を検出する回転子磁極位置検出装置において、

前記交流電動機の回転子を拘束する手段と、

前記交流電動機の固定子に印加する前記電圧ベクトルの位相を電気角の1回転以上にわたって順次変化させる指令を、前記PWM制御手段に出力する電圧ベクトル指令発生手段と、

前記交流電動機の電動機電流を検出する電流検出手段と、

この電動機電流の計測値を前記電圧ベクトル

この電動機の回転データを前記電圧ベクトルの変化に対応させて記憶する記憶手段と、

この記憶手段の内容に基づいて前記回転方向が正方向であってかつ目標位置に到達する時間が最小を示す電圧ベクトルを求め、この求めた電圧ベクトルに対応した位置を前記交流電動機の回転子の磁極位置として検出する磁極位置判定手段とを含んでなる交流電動機の回転子磁極位置検出装置。

8. 交流電動機の回転子の磁極位置検出値に基づいて磁極位置の回転に一致した位相の正弦波状の変調波を発生する変調波発生手段と、

この変調波と所定の搬送波とを比較して複数の電圧ベクトルの中から前記磁極位置の検出値に一致させた位相の回転磁束を発生させる電圧ベクトルまたはその組合せを選択し、この選択された電圧ベクトルに相当するPWMパルスを作成するPWM制御手段と、

この生成されたPWMパルスにより駆動されるインバータとを備え、

の変化に対応させて記憶する記憶手段と、

この記憶手段の内容に基づいて電動機電流の最小値に対応する電圧ベクトルを求め、この求めた電圧ベクトルに対応した位置を前記磁極位置の検出値として前記PWM制御手段に出力する磁極位置判定手段とを含んでなる交流電動機の回転子磁極位置検出装置。

6. 前記電動機電流は、前記電動機を駆動するインバータ部の直流電流または前記電動機に流入する交流電流であることを特徴とする請求項4、5いずれかに記載の交流電動機の回転子磁極位置検出装置。

7. 前記交流電動機の固定子に印加する電圧ベクトルを切り替えて回転磁束の位相を電気角の1回転以上にわたって順次変化させる電圧ベクトル指令発生手段と、

前記電圧ベクトルの切り替えごとに一定の目標位置指令を出力する位置制御手段と、

前記交流電動機の回転方向と回転角とを検出する位置検出手段と、

このインバータにより交流電動機を駆動する交流電動機の制御装置において、

前記交流電動機の回転子を拘束する手段と、

前記交流電動機の固定子に印加する前記電圧ベクトルの位相を電気角の1回転以上にわたって順次変化させる指令を、前記変調波発生手段に出力する電圧ベクトル指令発生手段と、

前記交流電動機の電動機電流を検出する電流検出手段と、

この電動機電流の計測値を前記電圧ベクトルの変化に対応させて記憶する記憶手段と、

この記憶手段の内容に基づいて電動機電流の最小値に対応する電圧ベクトルを求め、この求めた電圧ベクトルに対応した位置を前記磁極位置の検出値として前記変調波発生手段に出力する磁極位置判定手段とを含んでなる交流電動機の制御装置。

9. 前記電動機電流は、前記電動機を駆動するインバータ部の直流電流または前記電動機に流入する交流電流であることを特徴とする請求項8

に記載の交流電動機の制御装置。

10. 与えられる位置指令と位置検出値の偏差に基づいて交流電動機の回転位置を制御する位置制御指令を出力する位置制御手段と、

交流電動機の回転子の磁極位置検出値に基づいて磁極位置の回転に一致した位相の正弦波状の変調波を発生する変調波発生手段と、

前記位置制御指令と前記変調波と所定の搬送波とを比較して複数の電圧ベクトルの中から前記磁極位置の検出値に一致させた位相の回転磁束を発生させる電圧ベクトルまたはその組合せを選択し、この選択された電圧ベクトルに相当するPWMパルスを生成するPWM制御手段と、

この生成されたPWMパルスにより駆動されるインバータとを備え、

このインバータにより交流電動機を駆動する交流電動機の制御装置において、

前記交流電動機の固定子に印加する電圧ベクトルを切り替えて回転磁束の位相を電気角の1回転以上にわたって順次変化させる電圧ベクトル

ル指令発生手段と、

前記電圧ベクトルの切り替えごとに一定の目標位置指令を前記位置制御手段に出力する位置指令発生手段と、

前記交流電動機の回転方向と回転角とを検出する位置検出手段と、

この電動機の回転データを前記電圧ベクトルの変化に対応させて記憶する記憶手段と、

この記憶手段の内容に基づいて前記回転方向が正方向であってかつ目標位置に到達する時間が最小を示す電圧ベクトルを求め、この求めた電圧ベクトルに対応した位置を回転子の磁極位置として前記変調波発生手段に出力する磁極位置判定手段とを含んでなる交流電動機の制御装置。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、交流電動機の回転子磁極位置検出方法、回転子磁極位置検出装置および交流電動機制御装置に係り、具体的には起動時に回転子の磁極

位置を検出し、これに合わせた回転磁束を発生させるのに必要な回転子磁極位置検出方法等に関する。

〔従来の技術〕

従来、ブラシレス等の交流電動機の回転子磁極位置を検出する方法は、特開昭63-69484号公報や特願昭58-167618号に記載のように、ブラシレス電動機に回転エンコーダと磁極位置検出器を直結し、この磁極位置検出器により回転子の磁極位置（以下、単に磁極位置という）の基準位置を検出するようにしている。そして、前記回転エンコーダのパルス出力をU/Dカウンタでカウントし、このカウント値により回転子の磁極位置の変化すなわち回転を検知し、このU/Dカウンタを前記磁極位置検出器からの基準位置検出信号によりリセットして、U/Dカウンタのカウント値を磁極位置に1対1で対応させるようにしている。このようにして得られた磁極位置に合わせてPWM制御の変調波（正弦波）の位相を制御し、電動機の回転磁束と磁極位置とを合わせ

るようにしている。

また、予め電動機の固定子に発生する誘起電圧に合わせて、回転子の磁極位置（回転角）に一致するように磁極位置検出信号を発生させるように設定し、電動機の電源投入時に、この磁極位置検出器の信号を測定し、その位置に相当するカウント値を前記U/Dカウンタに初期設定するようにして、電動機の電流位相（回転磁束位置）と磁極位置とを合わせることも行われている。

〔発明が解決しようとする課題〕

しかし、上記従来技術によれば、磁極位置の基準位置をエンコーダとは別に設けた、または一体にして設けた磁極位置検出器により検出して、エンコーダの検出値と磁極位置とを対応させるようにしていることから、回転構造の磁極位置検出器が必要であり、また一般に磁極位置検出器の検出信号を電動機制御装置に伝送する距離が長くなり、この伝送路を介してノイズ等が侵入しやすいという問題があった。

本発明の目的は、磁極位置検出器を省略してエ

ンコーダのみで電動機の回転子の磁極位置を検出することができる磁極位置検出方法と、磁極位置検出装置を提供することにある。

また、本発明の他の目的は、上記磁極位置検出方法を適用し、交流電動機の固定子と回転子の位相ずれを補正して制御精度に優れた電動機制御装置を提供することにある。

〔課題を解決するための手段〕

本発明の第1の磁極位置検出方法は、上記目的を達成するため、交流電動機の回転子を拘束した状態で、交流電動機の固定子に印加する電圧ベクトルを調整して、回転磁束の位相を電気角の1回転以上にわたって順次変化させるとともに、この変化の過程における電動機電流を計測し、この電動機電流が最小値を示すときの前記電圧ベクトルに対応した位置を前記交流電動機の回転子の磁極位置として検出するようにしたのである。この場合、電動機電流は、電動機を駆動するインバータ部の直流電流または電動機に流入する交流電流のいずれか一方によることができる。

トルを求め、この求めた電圧ベクトルに対応した位置を前記交流電動機の回転子の磁極位置として検出する磁極位置判定手段とを含んで構成することにより、実現できる。

また、上記第2の方法は、交流電動機の固定子に印加する電圧ベクトルを切り替えて回転磁束の位相を電気角の1回転以上にわたって順次変化させる電圧ベクトル指令発生手段と、前記電圧ベクトルの切り替えごとに一定の目標位置指令を出力する位置制御手段と、前記交流電動機の回転方向と回転角とを検出する位置検出手段と、この電動機の回転データを前記電圧ベクトルの変化に対応させて記憶する記憶手段と、この記憶手段の内容に基づいて前記回転方向が正方向であってかつ目標位置に到達する時間が最小を示す電圧ベクトルを求め、この求めた電圧ベクトルに対応した位置を前記交流電動機の回転子の磁極位置として検出する磁極位置判定手段とを含んで構成することにより実現できる。

また、本発明は、上記磁極位置検出方法を適用

また、本発明の第2の磁極位置検出方法は、交流電動機の回転子を自由にした状態で、交流電動機の固定子に印加する電圧ベクトルを調整して、回転磁束の位相を電気角の1回転以上にわたって順次変化させるとともに、この変化に合わせて目標位置指令を与え、各電圧ベクトルを印加したときの回転方向と目標位置に到達する時間とを検出し、この回転方向が正方向であってかつ目標位置に到達する時間が最小を示す電圧ベクトルに対応した位置を前記交流電動機の回転子の磁極位置として検出するようにしたのである。

上記第1の方法は、交流電動機の回転子を拘束する手段と、前記交流電動機の固定子に印加する電圧ベクトルを切り替えて回転磁束の位相を電気角の1回転以上にわたって順次変化させる電圧ベクトル指令発生手段と、前記交流電動機の電動機電流を検出する電流検出手段と、この電動機電流の計測値を前記電圧ベクトルの変化に対応させて記憶する記憶手段と、この記憶手段の内容に基づいて電動機電流の最小値に対応する前記電圧ベク

して電動機制御装置を構成することにより、交流電動機の固定子と回転子の位相ずれを補正して制御精度に優れたものとしようとするものである。

〔作用〕

このように構成されることから、本発明によれば、次の作用により本発明の目的が達成される。

すなわち、第1の方法によれば、電動機の起動時に回転子を固定して動かない状態にし、適当な一定時間の間隔で順次位相が異なる一定電圧の電圧ベクトルを順次、電動機に印加すると、回転子の磁極と固定子の磁極が一致した所で、インバータの直流電流または電動機の入力交流電流が最小値になる。したがって、この最小値を検出することにより回転子の磁極位置を検出できる。また、そのときの電圧ベクトルに相当する回転磁束の位相を変調波発生手段に初期値として出力することにより、起動から回転子の磁極位置に合った回転磁束の電圧ベクトルを電動機に出力できる。

また、第2の方法によれば、回転子を固定することができないときに有効であり、位置制御系を

用い、位相が異なる電圧ベクトルを順次印加して位置送り制御を行うと、所定の方向でしかもより早く目標位置に到達した電圧ベクトルの位相が、回転子の磁極位置に最も近いことになるので、磁極位置を検出できる。

【実施例】

以下、本発明の実施例を回面に基づいて説明する。

第1図は、本発明の磁極位置検出方法が適用されてなる一実施例の電動機制御装置である。回において、交流電源1から供給される交流はインバータ2により、可変周波数可変電圧の交流に変換されて、ブラシレス電動機3の固定子巻線に印加される。インバータ2は、交流電源を直流にする整流部201と、直流を可変電圧、可変周波数の交流に変換するインバータ部202とを含んで構成され、それらを接続する直流ラインにインバータ2の直流電流（電動機電流）を測定するための抵抗203（またはCT）が挿入されている。この抵抗203の端子電圧は直流電流検出回路20

5に入力されている。この検出電流は電動機制御装置の主要部をなすマイクロコンピュータ等の演算回路からなる制御装置206に入力されている。この制御装置206は、インバータ2のゲートパルス生成するPWM制御手段30、速度制御及び位置制御の演算を行うCPU40、演算データや測定データ等を記憶する記憶手段50を含んで構成されている。PWM制御手段30で生成されたPWMパルスは、ゲート回路204を介してインバータ2に出力される。また、電動機電流（交流電流）は変流器11、12によって検出され、A/D変換器13を介して制御装置206に入力されている。一方、電動機3の軸に回転エンコーダ4が連結されており、このエンコーダ4から出力される回転数に比例したパルス数を有する2種類のパルス信号A、Bとが、アップ・ダウン（U/D）カウンタ7に入力されている。このパルス信号A、Bは、互いに90°位相がずれており、これによってU/Dカウンタ7は電動機の正転と逆転とを認識して、入力されるパルス信号を増減

カウントするようになっている。また、エンコーダ4は、電動機の1回転ごとに基準信号Zを出力するように形成されており、この基準信号ZはU/Dカウンタ7のリセット信号として入力されている。また、制御装置206からU/Dカウンタ7に初期値などを書き込むデータバス41が設けられている。

第2図に、第1図実施例の制御装置206の詳細図を中心とした構成図を示す。図示のように、U/Dカウンタ7の出力は、回転角変換手段8に入力されている。この回転角変換手段8は後述する正弦波テーブル9を引くために、U/Dカウンタ7から出力される磁極位置の検出値を電気角に変換するものである。この変換された磁極位置検出値はモード分けアドレス変換手段10に入力される。このモード分けアドレス変換手段10は、入力される磁極位置検出値を予め区分設定されたいくつかの角度範囲（モード）のどのモードに属するかを判断して、そのモードのアドレスを正弦波テーブル9に出力する。上記モードは例えば9

0°ごとの4つのモードに区分すれば、正弦波のデータはその対称性から、0°～90°までの正弦波データをテーブル9に格納することにより、0°～360°の正弦波データを得ることができる。このようにして得られた、磁極位置に対応した位相の正弦波データは、3/2相変換手段14とPWM制御手段30に入力されている。この3/2相変換手段14は、A/D変換器13から入力される電動機電流を、d軸成分とq軸成分に変換する。また、速度検出手段15はエンコーダ4からのパルス信号に基づいて電動機速度を検出する。この検出速度 ω_r は、速度指令手段19から与えられる速度指令 ω_r^* との偏差が求められ、この速度偏差は速度制御手段16に入力され、比例、積分制御によりq軸電流指令 I_q^* が求められる。このq軸電流指令 I_q^* と3/2相変換手段14から出力されるq軸電流の検出値 I_q の偏差を、Q軸電流制御手段17により比例、積分制御処理し、それに対応する電圧指令 V_q^* をPWM制御手段30に出力する。また、d軸電流指

令値(本実施例では零) $I D^*$ と $3/2$ 相変換 14 の出力 $I D$ の偏差を、 D 軸電流制御手段 18 により比例、積分制御処理し、それに対応する d 軸電圧指令 $V D^*$ を $P W M$ 制御手段 30 に出力する。 $P W M$ 制御手段 30 は入力される $V Q^*$ 、 $V D^*$ 、変調波に基づいて $P W M$ パルスを生成しインバータ 2 に出力する。

ここで、本発明の特徴にかかる磁極位置検出装置 400 について説明する。図示のように、この装置は、電圧ベクトル変換手段 401 と、指令変換手段 402 磁極位置判定手段 403 と、インバータ 2 の直流電流を記憶する記憶手段 51 と、電動機の交流電流を記憶する記憶手段 51 とを含んで構成されている。

このように構成される実施例の動作について次に説明する。なお、前提となるブラシレス電動機の制御動作を含めて説明する。

まず、回転界磁形のブラシレス同期電動機を運転する場合、回転子が回転したときに固定子巻線に誘起する誘起電圧と、外部から供給する電流と

の位相差に対してトルクが発生する。3 相の同期電動機において各誘起電圧 $E u$ 、 $E v$ 、 $E w$ と、電流 $I u$ 、 $I v$ 、 $I w$ と、トルク T の関係は次のようになる。

$$T = E u I u + E v I v + E w I w \quad (1)$$

ここで、各相の誘起電圧 $E u$ 、 $E v$ 、 $E w$ は次のようになる。

$$E u = \sqrt{2} E_0 \sin \omega t \quad (2)$$

$$E v = \sqrt{2} E_0 \sin (\omega t + 2/3\pi) \quad (3)$$

$$E w = \sqrt{2} E_0 \sin (\omega t + 4/3\pi) \quad (4)$$

また、各相の電流 $I u$ 、 $I v$ 、 $I w$ は次のようになる。

$$I u = \sqrt{2} I_0 \sin \omega t \quad (5)$$

$$I v = \sqrt{2} I_0 \sin (\omega t + 2/3\pi) \quad (6)$$

$$I w = \sqrt{2} I_0 \sin (\omega t + 4/3\pi) \quad (7)$$

ここで、 E_0 は相の誘起電圧の実行値、 I_0 は相の電流の実行値である。上記、(1)式から(7)式をまとめると次のようになる。

$$T = 3 E_0 I_0 \cos \theta \quad (8)$$

この(8)式から $\cos \theta = 1$ とすると誘起電圧の

位相と電流の位相が一致して最大トルクで運転できる。第3図は、電動機の誘起電圧と磁束、 U/D カウンタ7のカウント値、正弦波($\sin \theta$ 、 $\cos \theta$)テーブルデータの関係である。 U/D カウンタ7のカウント値の最大値は $P E$ であり、電動機の回転機械角 360° に対応させ初期時に U 相と位相を一致させてある。また、正弦波テーブル9から出力される正弦波の値は U/D カウンタ7のカウント値に依存している。なお、 U/D カウンタ7のカウント値は機械角であるから、テーブルをひくため回転角変換手段9により、電動機の極数に合わせて電気角に変換される。 $3/2$ 相変換手段14は、周知のように3相固定子電流を2相の固定子電流に変換し、さらに前述した q 軸と d 軸の検出電流 $I Q$ 、 $I D$ に変換する。ここで、正弦波テーブル9は電気角で 90 度分を格納してあるとすれば、モード変換手段10のモード判断に基づき、表1に従って演算すれば電流検出値 $I Q$ 、 $I D$ が求まる。

表 1

MODE	角度	$I Q$	$I D$
MD1	0-90	$I A \sin \theta - I B \cos \theta$	$-(I A \cos \theta + I B \sin \theta)$
MD1	90-180	$I A \cos \theta + I B \sin \theta$	$I A \sin \theta - I B \cos \theta$
MD1	180-270	$-(I A \sin \theta - I B \cos \theta)$	$(I A \cos \theta - I B \sin \theta)$
MD1	270-360	$-(I A \cos \theta + I B \sin \theta)$	$-(I A \sin \theta + I B \cos \theta)$

第4図は $P W M$ 制御手段 30 の詳細図である。電動機の U 相に加えるべき電圧 $V t u$ を発生する印加電圧発生手段 301 は(9)式を用いて演算する。

$$V t u = |V D^*| \sin \theta + |V Q^*| \cos \theta$$

$$\delta = \tan^{-1} |V Q^* / V D^*| \quad \dots (9)$$

電圧時間変換手段 302 は、磁極位置 θ と、

$V Q^*$ と $V D^*$ の位相差 δ から α を求める。

$$\alpha = \theta + \delta \quad (10)$$

時間値 $V i$ 、 $V j$ は(11)式で求める。

$$V i = V t u \times K v \times \sin (60 - \alpha)$$

$$V j = V t u \times K v \times \sin \alpha$$

$$V t = T c r y - 2 (V i - V j) \quad \dots (11)$$

(9)、(10)式の関係を第5図で説明する。同図(a)のベクトル図で、 e_{00} 、 e_{01} 、 e_{02} は各相の誘起電圧である。負荷電流 I_L が流れた時のU相に加える相電圧は V_{tu} である。また、同図(b)のベクトル図で、 VQ^* と VD^* のベクトル和から V_{tu} が求まる。そのときの位相差は δ である。U/Dカウンタ7は e_{00} に位相を合わせてあり、磁束位置は 90° 遅れた位置 $\phi 1$ であり、その位相は θ であるが、実際に加える磁束位置は V_{tu} から 90° 遅れた位置 $\phi 2$ であり位相は α である。(11)式の関係を第6図で説明する。同図(a)はインバータ2及び電動機3の概要図である。インバータ2は6個のアームの半導体素子からなり、電動機3はY結線の巻線からなる。本例では半導体素子はトランジスタからなる。いまトランジスタU、V、WがON、OFF、OFFの時はトランジスタX、Y、ZはOFF、OFF、ONとなり電動機電流はU端子から流入しV端子とW端子から流出する。この時発生する電圧ベクトルは $V1(100)$ と表現し、同図(b)に示す電圧ベクトルとする。同様

に電圧ベクトルは $V2(110)$ 、 $V3(010)$ 、 $V4(011)$ 、 $V5(001)$ 、 $V6(101)$ と表現される。また、トランジスタU、V、Wの全部がONの時は $V7(111)$ 、全部がOFFの時は $V0(000)$ で表現する。また、同図(b)に示すように、 θ は電気角で 360° 回転する。前述したように 360° を6つに分割して $6 < \text{モード} >$ に分ける。 α は各 $< \text{モード} >$ の基準点から決定すれば、 α のとりうる範囲は0から 60° である。 $< \text{モード} 1 >$ は θ が0から 60° 、 $< \text{モード} 2 >$ は θ が 60 から 120° 、以下同様に、 $< \text{モード} 6 >$ は θ が 300° から 0° までの区間である。同図(c)は $\phi 2$ が $< \text{モード} 1 >$ にあり図示する正転方向にベクトルが回転する時、 $V1(100)$ と $V2(110)$ ベクトルを合成して V_{tu} を発生させたベクトル図である。同様に $\phi 2$ が $< \text{モード} 2 >$ にある時に V_{tu} を発生させるため $V2(110)$ と $V3(010)$ を用いて行う。以下、 $< \text{モード} 3 >$ は $V3(010)$ と $V4(011)$ 、 $< \text{モード} 4 >$ は $V4(011)$ と V

$V5(001)$ 、 $< \text{モード} 5 >$ は $V5(001)$ と $V6(101)$ 、 $< \text{モード} 6 >$ は $V6(101)$ と $V1(100)$ を選択する。

次に(9)、(11)式で、磁束位置が $\phi 2$ にあるとき、 $V1(100)$ と $V2(110)$ ベクトルを発生させる順序と発生させている時間の関係を第7図で説明する。 $\phi 2$ 点でオフセット時間おいた後、(11)式で計算された V_i 時間だけ $V1(100)$ ベクトルを発生させ、次に V_j 時間だけ $V2(110)$ ベクトルを発生させる。ここで、オフセット時間おいた後、(11)式で計算された V_j 時間だけ $V2(110)$ ベクトルを発生させ、次に V_i 時間だけ $V1(100)$ ベクトルを発生させる。PWMの搬送波周期を T_{cry} とすれば○印しの点で残りの時間、零電圧ベクトル $V_z(V0, V7)$ を発生することになる。

次に、PWMパルスを発生する手順を $< \text{モード} 1 >$ について説明する。PWMパルスを発生には3個のタイマと6個の比較レジスタを用いる。第4図のレジスタ設定手段303は V_i 、 V_j から

比較レジスタに計算値を設定するための手段であり、PWMパルス発生手段304はタイマとレジスタを比較してPWMパルスを発生する。タイマ、レジスタ305、306、307はそれぞれU相、V相、W相に対応する。第8図はPWM発生の様子を示すタイムチャートである。タイマはタイマU320とタイマV321とタイマW322を有しそれぞれのタイマには2個ずつの比較レジスタUREGBの308、UREGAの309と、比較レジスタVREGBの310、VREGAの311と、比較レジスタWREGBの312、WREGAの313を有する。出力信号U1はタイマU320と比較レジスタUREGB308の比較一致点で出力を反転する。また、出力信号U2はタイマU320と比較レジスタUREGA309の比較一致点で出力を反転する。PWMパルスUは出力信号U1と出力信号U2の論理ENORをとって成り立つ。同様にしてPWMパルスVとPWMパルスWが得られる。レジスタの計算は、次の(12)式で行う。なお、同式で、R0はデ-

タの 変えや計算値が搬送波周期 T_{cry} 以上にならないこと等を考慮したオフセット値である。

$$UREGB = R0$$

$$VREGB = R0 + Vi$$

$$WREGB = R0 + Vi + Vj$$

$$WREGA = R0 + Vi + Vj + R0$$

$$VREGA = R0 + Vi + Vj + R0 + Vj$$

$$UREGA = R0 + Vi + Vj + R0 + Vj + Vi$$

… (12)

(12) 式より、Bレジスタ群の $UREGB$ 、 $VREGB$ 、 $WREGB$ は Aレジスタ群の $UREG$ 、 $VREG$ 、 $WREG$ より時間が短くなるように選択した。また、第7図で説明したベクトルと時間の関係は、第8図の PWM パルス U 、 V 、 W から考察すると初めに U 、 V 、 W が (000) で零電圧ベクトル ($R0$)、次に UVW が 100、110、111、110、100、000 で $V1$ 、 $V2$ 、 $V7$ 、 $V2$ 、 $V1$ 、 $V0$ を選択していることがわかる。

以上の説明は、ブラシレス電動機の誘起電圧と

変化していく。これにより、第10図(a)に示すようにインバータ202に流れる電動機電流に相当する直流電流が変化する。この電流が最小値を示す電圧ベクトルのモードに対応する回転磁極の位相 θ に、回転子の対応する磁極があると検出できる。

ここで、上記方法を実施する第2図実施例に沿って説明する。磁極位置検出装置400は、交流電源1が投入して電動機3を起動する前に作動する。このとき、機械的なブレーキ等により電動機の回転子を拘束する。電圧ベクトル指令発生手段401は、記憶手段51、52、 U/D カウンタ設定手段402、磁極位置判定手段403に、それぞれトリガをかけて作動させる。そして、電圧ベクトル指令発生手段401は、電圧ベクトルのモード $V1 \sim V6$ を順次変化させる指令を、 U/D カウンタ設定手段402に出力する。 U/D カウンタ設定手段402は指令にかかる電圧ベクトルに対応するカウント値を U/D カウンタ7にセットする。これにより、PWM制御手段30とい

電動機電流の位相が一致していると仮定した時の駆動方法である。しかし、ブラシレス電動機の電源投入時は固定子に発生する誘起電圧と電動機の電流位相は一致していない。

ここで、本発明の特徴にかかる磁極位置検出とそれに基づく磁極位置合わせについての動作を、第2図と、第9図～第11図を参照して説明する。まず、本実施例の磁極位置検出の原理について説明する。インバータ202から、前記した電圧ベクトル $V1$ (100) から $V6$ (101) を変化させて、順次電動機3の巻線に加えて固定子が発生する回転磁束の位相を変化させていくと、第10図(b)に示すように固定子に発生する磁極と回転子の磁極が一致するところで電動機の固定子のリアクタンスが最大になり、位置が一致しないとリアクタンスが小さくなる。そこで、電動機の始動時に回転子を固定(ロック)した状態にして、予め演算回路206から一定時間毎に電圧ベクトルのモードを $V1$ 、 $V2$ 、 $V3$ 、 $V4$ 、 $V5$ 、 $V6$ と順序よく変化させると、回転磁束の位相 θ が

ンバータ2を介して、電動機3の固定子の回転磁束位相 θ が順次変化される。この変化の過程におけるインバータ2の直流電流が電圧ベクトルのモードに対応させて記憶手段51に記憶される。磁極位置判定手段403は、記憶手段51のデータを取り込み上記直流電流が最小値を示す電圧ベクトルのモードを求めることによって、回転子の磁極位置を検出する。そして、そのモードの電圧ベクトルのデータを U/D カウンタ設定手段402に出力して、 U/D カウンタ7に初期磁極位置のカウント値を書き込む。例えば、第10図例では、電圧ベクトル $V1$ のカウント値を書き込む。これにより、電動機起動時の回転磁束と回転子の磁極位置とを合わせることができ、必要な起動トルクが得られる。第9図に上記手順のフローチャートを示す。

なお、上記実施例では、 60° の位相差が有る6つの電圧ベクトルを用いたことから、実際の磁極位置と最大 30° の誤差が有る。しかし、この程度のずれであれば、およそ86.6%のトルク

が得られるので、負荷を背負っても十分に起動できる。また、この差は、定常運転に入りエンコーダ4の2相信号を検出して、正転ならばU/Dカウンタ7の値を零にリセットし、逆転ならばU/Dカウンタ7の値を前記PEにリセットする通常の処理により磁極位置は完全に一致する。

また、前記実施例では、電圧ベクトルモードをV1～V6の6個を用いて行ったが、それらの電圧ベクトルV_i、V_jを合成すれば、6個以上の位相の異なる電圧ベクトルのモードを選択することができる。このばあいには、合成電圧ベクトル中でインバータの直流電流が最小になった合成電圧ベクトルの位相をU/Dカウンタ7に書き込む。これにより、初期設定の磁極位置の精度が向上する。

また、前記実施例では、磁極位置の一致の判断をインバータの直流電流でおこなったが、第1図に示す電動機のU、V、W相の交流電流に基づいて、同様に判断しても同一の効果が有る。この場合は、第2図の記憶手段52のデータに基づいて

判断する。第11図は、各電圧ベクトルのモードに対応させて電動機の巻線電流を示したものである。例えば、第6図(a)、(b)図に示したのように、トランジスタインバータから電圧ベクトルを変化させて印加したとき、電動機の巻線に流れる電流の様子である。V1(100)モードはU巻線の電流、V2(110)モードは-W巻線の電流、V3(010)モードはV巻線の電流、V4(011)モードは-U巻線の電流、V5(001)モードはW巻線の電流、V4(101)モードは-V巻線の電流を、記憶手段52に記憶させて、その値の最小値の電圧ベクトルモードの位相に相当するカウント値をU/Dカウンタ7に書き込めば誘起電圧と電動機の電流の位相を一致させ、磁極位置と回転磁束の位相とを合わせることができる。

第12図に、本発明の他の実施例の全体構成図を示す。前記各実施例は、回転子を拘束(ロック)した状態で磁極位置決めを行ったが、本実施例は回転子を拘束(ロック)できない場合に好適な方

法であり、位置制御系を利用して磁極位置の一致を判定しようというものである。第12図において、第2図と異なる点は、速度指令手段19に代えて、位置検出手段20と位置指令手段21と位置制御手段22からなる速度制御系が設けられ、また磁極位置検出装置400に位置偏差の記憶手段53が設けられていることに有る。位置検出手段20はエンコーダ4のパルス信号から回転子の回転位置を検出するようになっている。そして、位置制御手段22は、位置指令値と位置検出値の偏差に基づいて、速度指令 ωr^* を出力する。その他の基本動作は、第2図実施例とどうようであることから説明を省略し、磁極位置検出にかかる部分について説明する。

第13図に、電圧ベクトルのモードと出力トルクとの関係を示す。同図(a)は、V1(100)ベクトルを与えたときに、固定子の回転磁束の磁極と回転子の磁極の位置が一致していた場合の固定子と回転子の配置図である。このとき、同図(g)に示すように出力トルクは最大値を示す。

また、回転子の位置に対し電圧ベクトルのモードを同図(b)から同図(f)に示すように変化すると、出力トルクは同図(g)のように変化する。そこで、電動機の始動時に回転子を自由(フリー)にした状態にして、一定時間毎に電圧ベクトルのモードをV1、V2、V3、V4、V5、V6と順次出力するとともに、これに合わせて各モード毎に位置指令手段21から数パルス分の位置送り指令を出力する。そして、各電圧ベクトルを印加したときの位置検出手段20の出力を記憶手段53に格納し、このデータに基づいて磁極位置判定手段403で磁極位置を判定する。この判定の原理は、電圧ベクトルのモードV3、V4、V5を印加したときは、指令方向に対して逆方向に移動するので除外でき、V6とV2はを印加したときは出力トルクが小さいので目標位置に到達する時間がかかり、磁極位置が一致しているV1モードを印加したときに、短時間に目標位置に到達することになる。そこで、各電圧ベクトルのモードでパルス送りをしたときの進んだ方向と到達時間を

メモリに格納し、最も早く目標位置に到達したモードの電圧ベクトルの位相に、回転子の磁極位置が有ることがわかる。次いで、その電圧ベクトルに相当するカウント値をU/Dカウンタ7に書き込めば誘起電圧と電動機の電流の位相を一致させることができる。第14図に、上記第12図実施例の磁極位置検出方法の処理手順のフローチャートを示す。

〔発明の効果〕

以上説明したように、本発明によれば、磁極位置検出器を省略して回転エンコーダの出力のみに基づいて回転子の磁極位置を検出することができる。また、これにより回転磁束と回転子の磁極位置とを合わせることができ、固定子の誘起電圧と電動機の電流の位相を一致させることができる。この結果、制御装置と電動機を結ぶ線が少なくなり、ノイズの影響が少なくなるとともに、安定性が増す。また、磁極位置検出器が不要なことから、電動機組立て時に誘起電圧と磁極位置検出器との機械的位置合わせが省略でき、製作工数を低減し

て原価低減に寄与する。

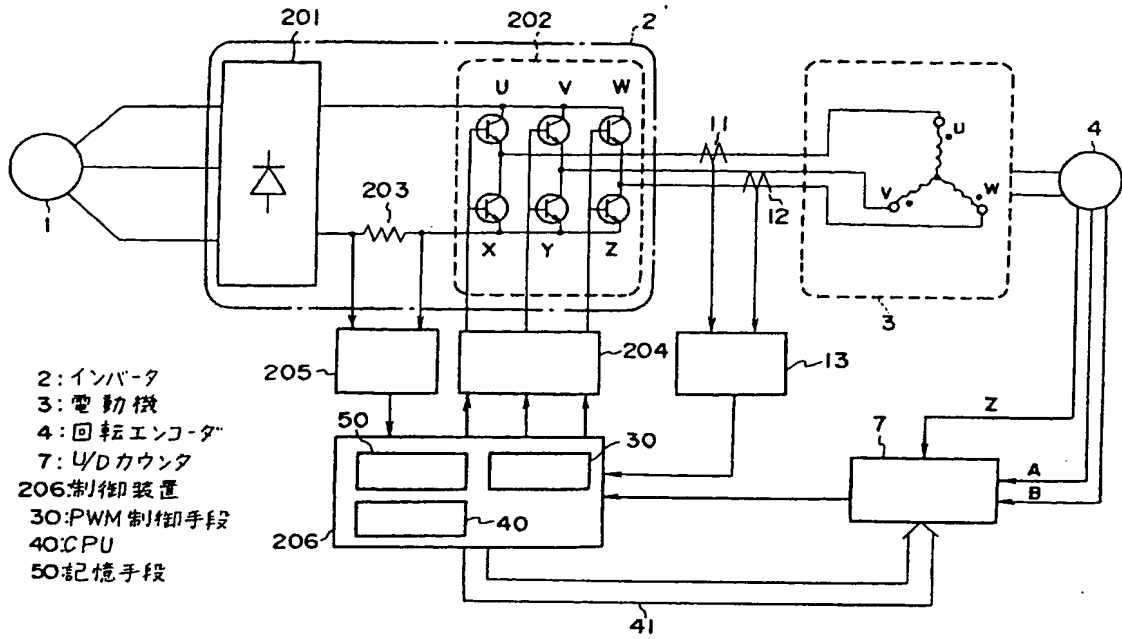
4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明が適用された一実施例の電動機制御装置の全体構成図、第2図は第1図実施例の制 装置本体部分を中心に具体的に示した構成図、第3図は誘起電圧とU/Dカウンタと正弦波テーブルとの関係を説明する線図、第4図はPWM制御手段の詳細構成図、第5図は誘起電圧のベクトルと位相との関係を示す図、第6図はインバータ及び電動機と電圧ベクトルのモードとの関係を説明する図、第7図は電圧ベクトルの組合せにより所定の回転磁束を得る説明図、第8図はPWMパルスを生成する動作を説明するタイムチャート、第9図は第2図実施例の磁極位置検出装置の処理手順を示すフローチャート、第10図は第2図実施例の動作を説明するタイムチャート、第11図は電動機の交流電流により磁極位置を判定する方法を説明する図、第12図は本発明の他の実施例の全体構成図、第13図は第12図実施例の原理を説明するための電圧ベクトルのモードと出力ト

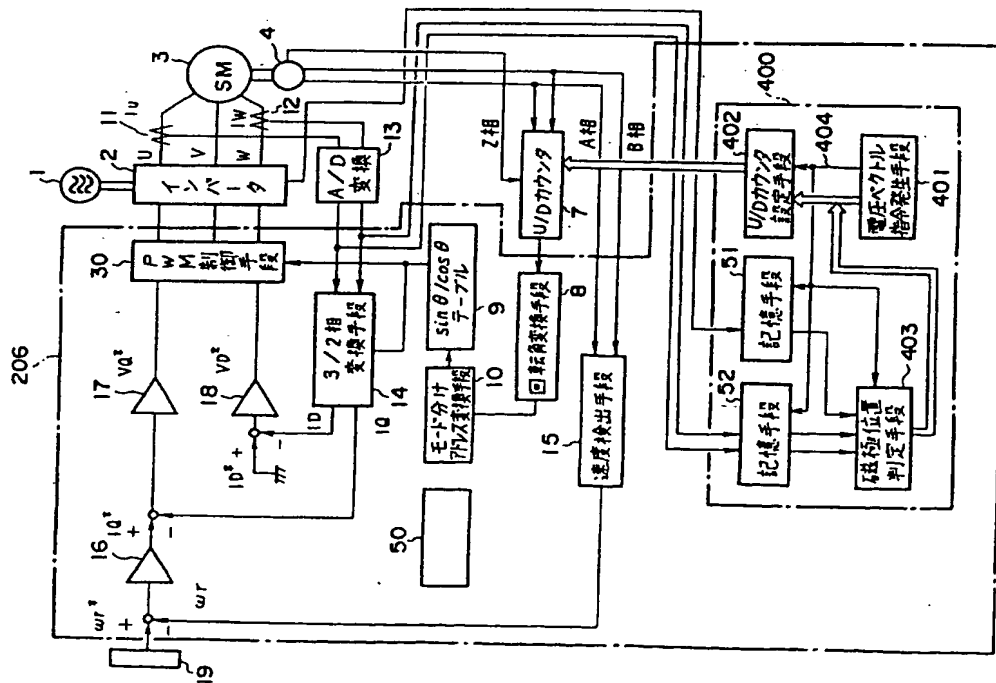
ルクの関係を示す図、第14図は第12図実施例の磁極位置検出方法の手順を示すフローチャートである。

1…交流電源、2…インバータ、3…ブラシレス電動機、4…回転エンコーダ、7…U/Dカウンタ、8…回転角変換手段、9…正弦波テーブル、10…モード分けアドレス変換手段、13…A/D変換器、14…3/2相変換手段、15…速度検出手段、16…速度制御手段、17…Q軸電流制御手段、18…D軸電流制御手段、19…速度指令手段、20…位置検出手段、21…位置指令手段、22…速度制御手段、30…PWM制御手段、40…CPU、41…データバス、50、51、52、53…記憶手段、201…整流部、202…インバータ部、400…磁極位置検出装置、401…電圧ベクトル指令発生手段、U/Dカウンタ設定手段、403…磁極位置判定手段。

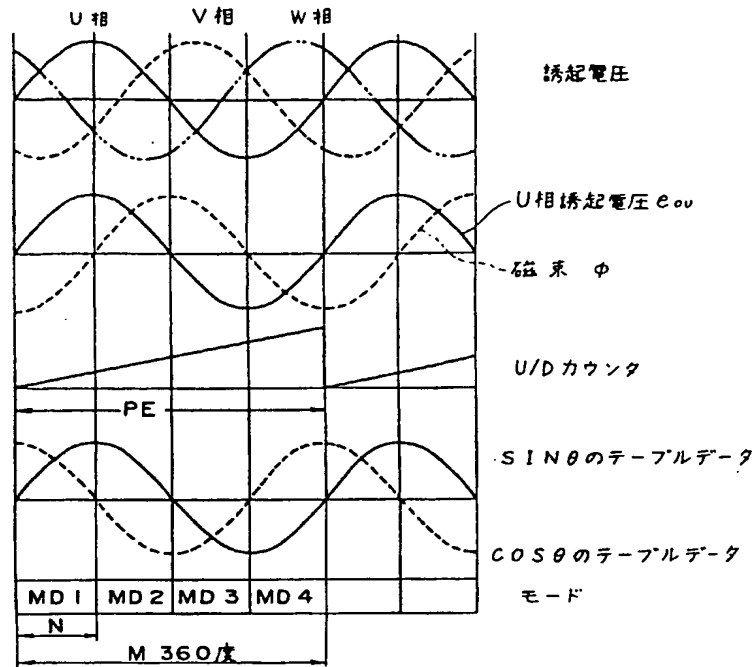
代理人 鶴 沼 辰 之



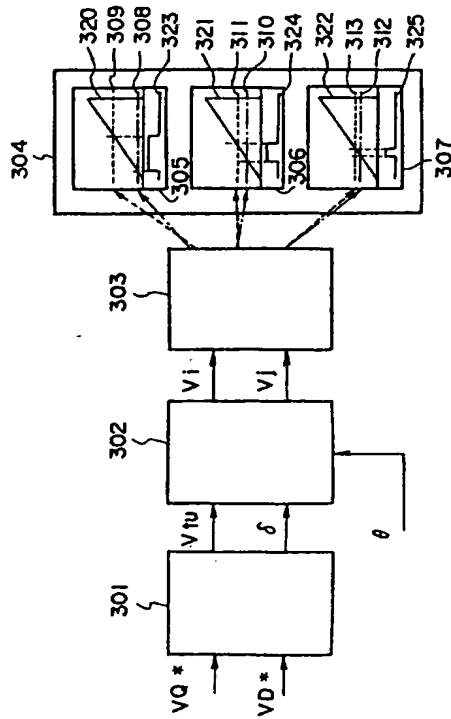
第 2 版



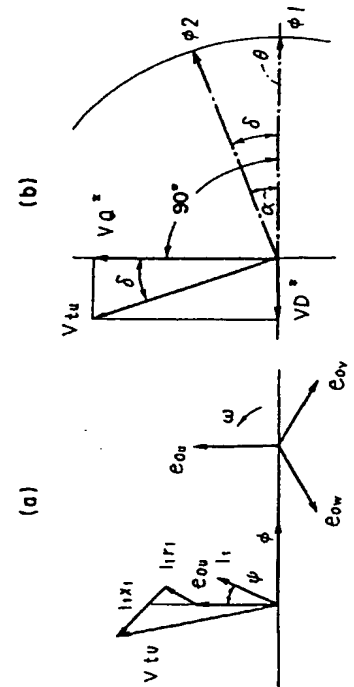
第 3 図



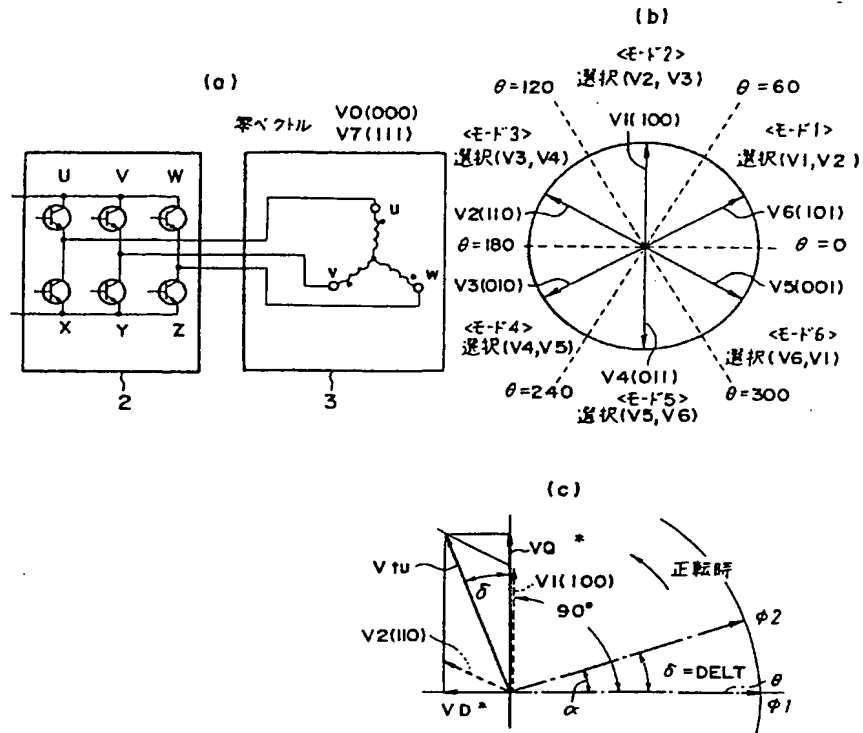
第 4 図



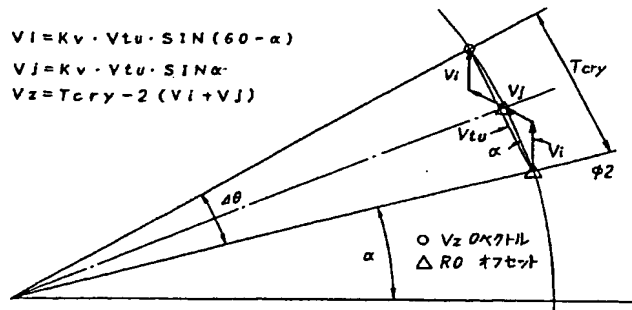
第 5 図



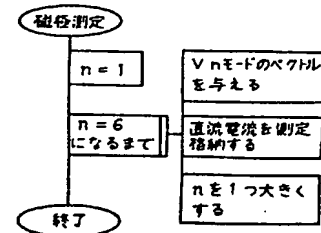
第 6 図



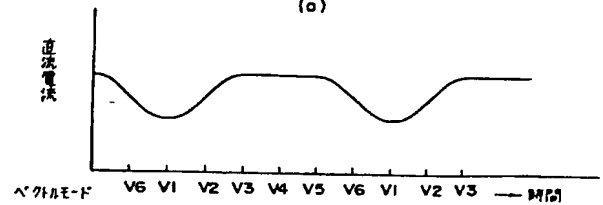
第 7 図



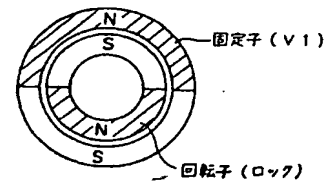
第 9 図



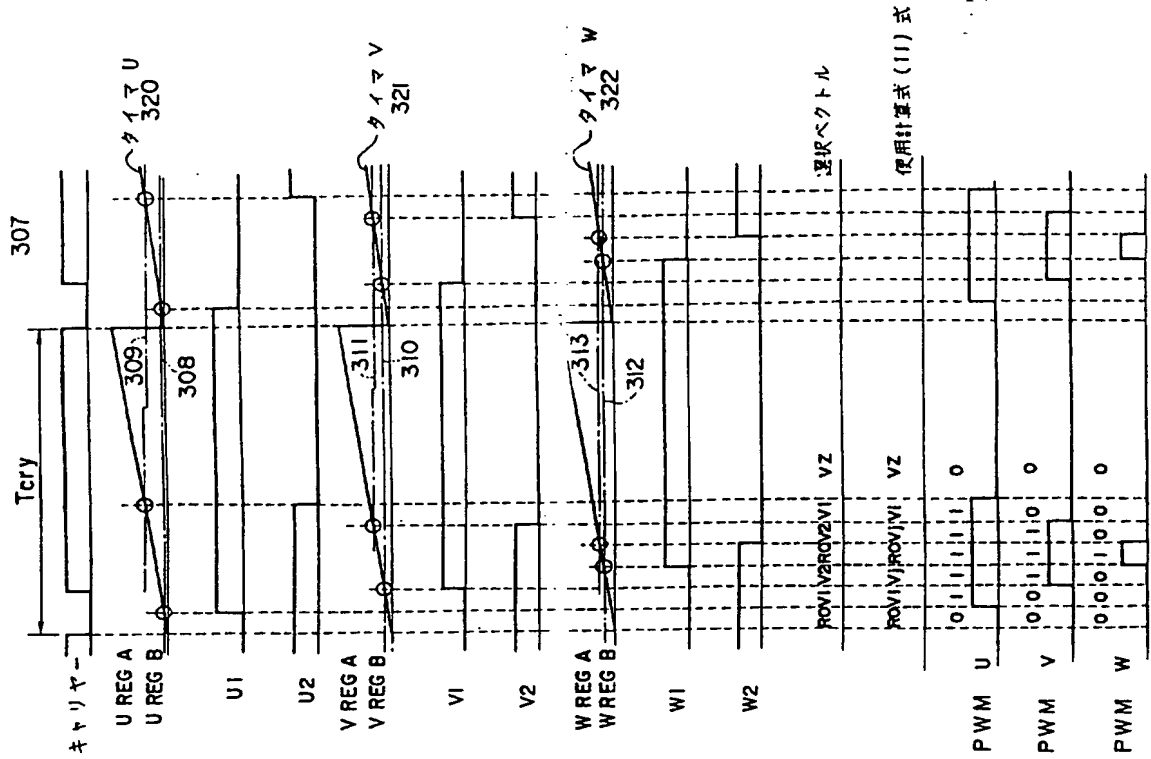
第 10 図
(a)



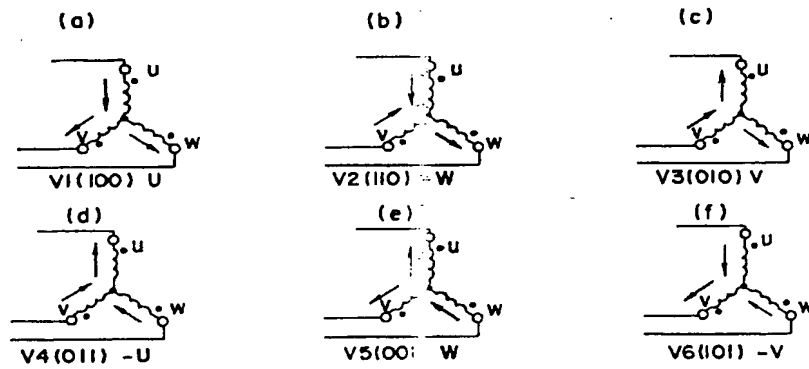
(b)



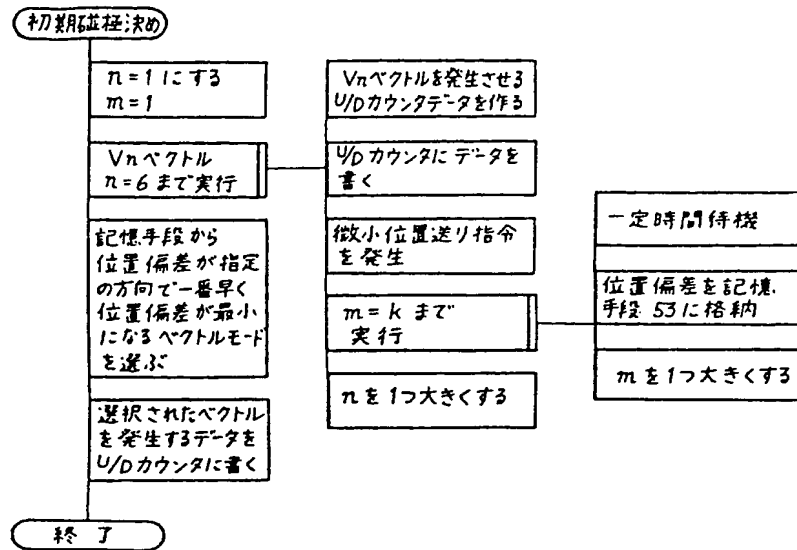
第 8 図



第 11 図



第 14 図



第1頁の続き

⑦発 明 者 村 松 正 治 千葉県習志野市東習志野7丁目1番1号 株式会社日立製作所習志野工場内